

ESTUDIO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PULVERIZACIÓN DE LAS BOQUILLAS CONVENCIONALES Y ANTIDERIVA EN LOS TRATAMIENTOS DE CÍTRICOS

IVIA - Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias
Carretera de Moncada a Náquera Km 5
46113 Moncada (Valencia)
email: moltó_enr@gva.es

INTRODUCCIÓN

Para conseguir un control adecuado de algunas plagas agrícolas, en la actualidad es necesario el uso de productos fitosanitarios. Sin embargo, este uso genera riesgos para las personas y para el medio ambiente, ya que, durante la aplicación de los tratamientos, una parte de los productos no se deposita sobre el cultivo y se vierte al medio ambiente. Aunque muchos de ellos se degradan rápidamente en el medio, se genera una cierta contaminación como resultado de los procesos de escurrimiento y lavado (caída de gotas al suelo), deriva de las gotas (movimientos de éstas fuera de las parcelas) y evaporación. De entre todos estos procesos, el que más riesgo genera es la deriva.

La cantidad de deriva que se produce durante una aplicación depende en gran medida de las características fisicoquímicas del caldo que se pulveriza, tales como su viscosidad, tensión superficial o la volatilidad de la materia activa, así como de las condiciones atmosféricas durante la aplicación (la velocidad y la dirección del viento, los movimientos verticales del aire, la temperatura y la humedad relativa). También influye el ajuste del equipo (la posición, el número y

Resumen

La deriva de los productos fitosanitarios durante su aplicación es una fuente de contaminación del medio ambiente que puede afectar a las personas y a los ecosistemas. Una de las soluciones técnicas que actualmente se recomienda para reducir la deriva en los tratamientos de frutales consiste en la sustitución de las boquillas convencionales del equipo por otras de inyección de aire (boquillas antideriva). Pero para que esta solución sea aceptada por el sector productivo, es necesario determinar no solo la cantidad de deriva que deja de emitirse, sino también si el uso de estas boquillas tiene consecuencias sobre la eficacia de los tratamientos. En este sentido, el objetivo del trabajo que se presenta en este artículo es evaluar las diferencias en la deposición de los productos fitosanitarios sobre las copas de los cítricos cuando se emplean las boquillas antideriva de inyección de aire. Los resultados demuestran que tanto la cantidad de caldo que se deposita como la forma en que éste se distribuye en el árbol son similares a las de las boquillas convencionales por lo que no se esperan diferencias en la eficacia de los tratamientos.

Palabras clave: deposición, plaguicida, tratamiento fitosanitario, turboatomizador.

tipo de boquillas abiertas, la presión de trabajo, la velocidad del tractor, etc). En el caso de los tratamientos de frutales con pulverizadores hidráulicos asistidos por aire, también conocidos como turboatomizadores, es de primordial importancia el caudal de aire generado por el ventilador y el tamaño y densidad foliar del árbol.

Existe una gran cantidad de métodos para reducir la deriva, desde la utilización de cortavientos hasta el desarrollo de nuevas máquinas o dispositivos y su control automático en función de las características del entorno. Actualmente, por ejemplo, los sistemas de control electrónico permiten activar la apertura de las boquillas y/o gestionar el caudal y la dirección del aire del ventilador en función de la cantidad de

vegetación y de las condiciones meteorológicas. Asimismo, están apareciendo máquinas que son capaces de recuperar parte del producto fitosanitario empleando sistemas de pulverización en forma de túnel. Sin embargo, el método más sencillo y barato, y por tanto, más asequible para los agricultores, es el uso de boquillas antideriva.

En la mayoría de los tratamientos de frutales con pulverizadores asistidos por aire normalmente se utilizan boquillas de turbulencia que generan un cono de gotitas finas que favorecen la uniformidad de la deposición del producto en las hojas. Sin embargo, las gotas excesivamente finas tienen tendencia a la deriva, debido a su bajo peso y a su reducida resistencia al aire. Además, se evaporan muy deprisa. Las boquillas de inyec-

ción de aire generan gotas grandes que son menos propensas a la deriva, pero más a la escorrentía.

Debido a que las boquillas antideriva cambian el tamaño de las gotas, se modifican tanto su trayectoria como los fenómenos de deposición sobre la vegetación. A consecuencia de ello, su empleo puede influir en la eficacia de los productos fitosanitarios para el control de una plaga específica. En este sentido, existen estudios sobre esta cuestión, realizados en frutales (Frießleben, 2004; Heinkel, Frito, Lange, 2000; McCartney y Obermiller, 2008). Sin embargo, sus resultados no se pueden extender a los cítricos, pues estos tienen mayor densidad de vegetación y una forma globular.

El objetivo de este trabajo es proporcionar datos científicos para evaluar si puede cambiar la eficacia de los tratamientos fitosanitarios en cítricos cuando se utilizan boquillas antideriva. Para este fin, se comparan los patrones de deposición generados por un tratamiento con estas boquillas y los de otro similar con boquillas convencionales, siempre bajo las condiciones de cultivo de los cítricos españoles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo en una plantación comercial de naranjas Navel (*Citrus sinensis* L.) de 22 años de edad ubicada en El Puig (Valencia, España). Los árboles estaban plantados con un marco de 6 x 4 m (417 árboles/ha). En promedio, los árboles tenían 2,7 m de altura, una proyección de copa de 3,6 x 3,8 m², un volumen de copa de 19,23 m³ y una densidad de área foliar (LAD) de 4,03 m²/m³.

Durante los experimentos se registró la temperatura del aire, la velocidad y dirección del viento, y la humedad relativa con una estación meteorológica. Las aplicaciones se

realizaron siguiendo las recomendaciones de buenas prácticas agrícolas (temperatura del aire entre 5 y 35 °C, humedad relativa superior al 50%). Los tratamientos se realizaron con un pulverizador hidráulico asistido por aire (Fede Pulverizadores, mod. Futur 1500) trabajando a 480 rpm en la toma de fuerza, a una velocidad de avance de 1,65 km/h, con el caudal de aire máximo (80.000 m³/h) y a 10 bares de presión en las boquillas. El pulverizador estaba equipado con 26 boquillas, 13 a cada lado, pero las dos boquillas superiores se cerraron para ajustar la pulverización a la vegetación.

Se realizaron 8 experimentos entre abril y julio de 2010, a razón de dos cada mes. En la misma semana se usaron alternativamente boquillas convencionales de cono (Teejet D3 DC35) y boquillas de inducción de aire (Albuz TVI 80 03), con lo que se obtuvieron 4 repeticiones por tipo de boquilla. Los volúmenes aplicados fueron 2.930 y 3.206 l/ha, respectivamente. Se utilizó Sulfoflavina Brillante a una concentración de 1 g/l como producto trazador.

En cada experimento se verificó el volumen de aplicación mediante la medición de la velocidad real del tractor y el caudal de cada boquilla y se midió la concentración de trazador de una muestra de líquido extraída del tanque. La solución se pulverizó a dos filas de árboles adyacentes a lo largo de 30 m. La deposición se midió en cuatro árboles, dos a cada

lado de la calle (Figura 1). Para recoger la deposición del producto en los árboles directamente pulverizados se colocaron en los mismos colectores de papel secante. (Figura 2).

Las copas de los árboles se dividieron en treinta y seis zonas de muestreo de igual tamaño, resultado de la combinación de tres alturas (Baja: 0-1m; Media: 1-2 m; Alta: 2-3 m), dos profundidades a cada lado de la fila de árboles (Exterior: 0-1m; Interior: 1-2 m) y tres zonas de 1 m a lo largo de la copa en el sentido de avance del tractor (anterior; centro y posterior) (Figura 3). En cada zona se colocaron 8 colectores en posiciones aleatorias.

Tras la pulverización, y una vez secos, los colectores se recogieron individualmente en bolsas de plástico y se almacenaron en un lugar fresco. Posteriormente se llevaron al laboratorio y se lavaron con agua desionizada. El caldo resultante se analizó mediante fluorimetría para estimar la concentración de BSF.

La cantidad de caldo depositado por unidad de área (μl/cm²) se determinó en cada colector a partir de la medida de la intensidad de fluorescencia y la concentración real de BSF en el caldo aplicado. A partir de estos datos, se calculó la deposición media en cada combinación de altura y profundidad. La deposición exterior e interior se calculó sumando la deposición medida en ambos lados del árbol.

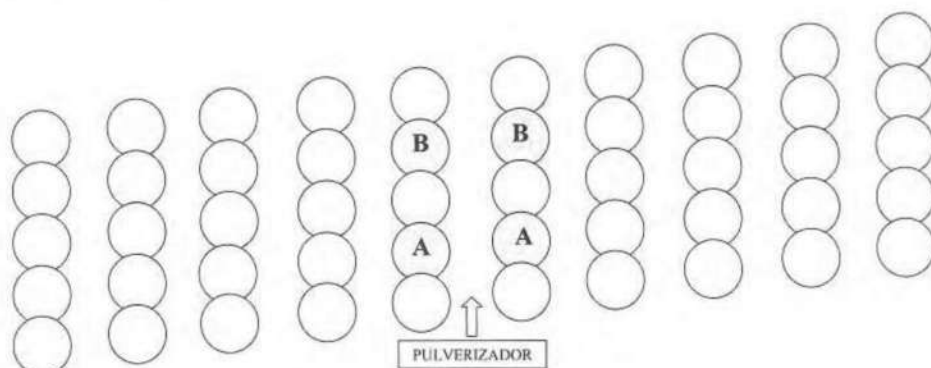


Figura 1. Esquema del experimento. La deposición se midió en los árboles señalados en gris.



Figura 2. Árbol con los colectores.

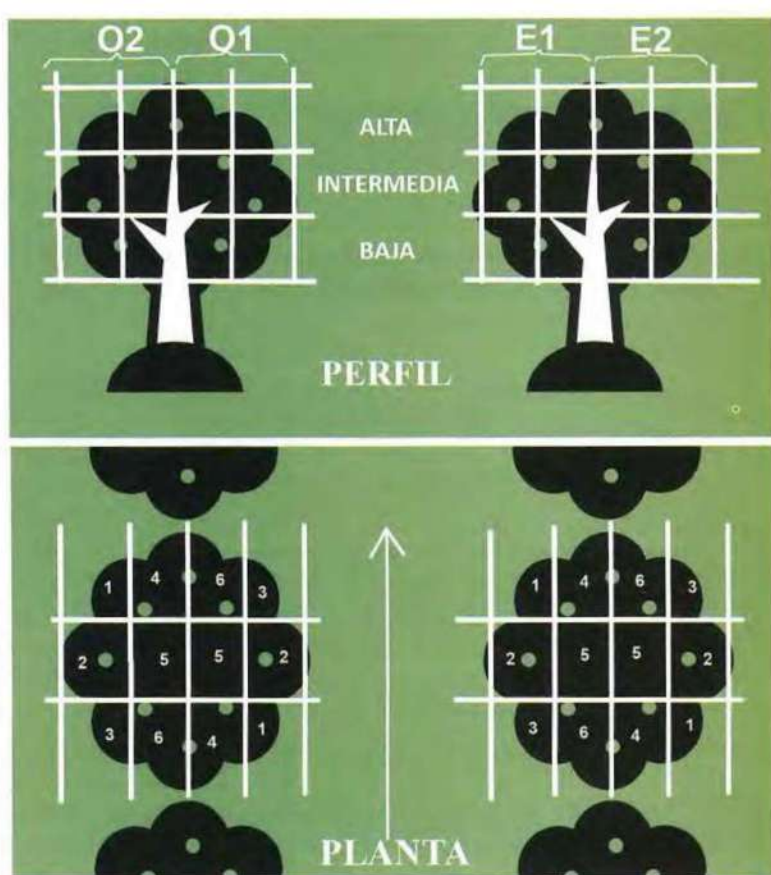


Figura 3.

Arriba) Perfil de los árboles de la calle. Distribución de los colectores por altura y profundidad.
Abajo) Planta de los árboles de la calle. Distribución de los colectores en cada altura.

BOQUILLA CONVENCIONAL

ÁRBOL A LA IZQUIERDA DEL TURBO

0,27%	0,50%	0,40%	1,01%
0,21%	0,26%	0,45%	0,90%
0,38%	0,37%	0,53%	1,01%

ALTA

ÁRBOL A LA DERECHA DEL TURBO

1,05%	0,44%	0,30%	0,25%
1,18%	0,27%	0,14%	0,21%
1,45%	0,48%	0,29%	0,30%

INTERMEDIA

0,17%	0,15%	0,88%	0,74%
0,08%	0,06%	0,42%	2,27%
0,11%	0,19%	1,05%	1,59%

1,29%	0,23%	0,29%	0,15%
1,80%	0,17%	0,05%	0,20%
1,97%	0,43%	0,13%	0,49%

BAJA

0,13%	0,27%	0,71%	1,12%
0,14%	0,01%	0,08%	1,26%
0,12%	0,23%	0,66%	0,88%

0,77%	0,34%	0,38%	0,11%
1,03%	0,19%	0,03%	0,17%
1,30%	0,86%	0,27%	0,11%

Figura 4.

Deposiciones medias en cada zona muestreada de los árboles de la calle con las boquillas convencionales. Vista de la planta de los árboles por alturas. El círculo marrón muestra la posición del tronco del árbol. La intensidad del color verde indica la deposición, a mayor intensidad mayor deposición.

Figura 5.

Deposiciones medias en cada zona muestreada de los árboles de la calle con las boquillas antideriva. Vista de la planta de los árboles por alturas. El círculo marrón muestra la posición del tronco del árbol. La intensidad del color verde indica la deposición, a mayor intensidad mayor deposición.

BOQUILLA ANTIDERIVA

ÁRBOL A LA IZQUIERDA DEL TURBO

0,25%	0,52%	0,47%	0,84%
0,27%	0,31%	0,51%	1,05%
0,63%	0,53%	0,76%	1,47%

ALTA

ÁRBOL A LA DERECHA DEL TURBO

1,19%	0,33%	0,40%	0,34%
1,17%	0,30%	0,26%	0,46%
1,44%	0,52%	0,28%	0,26%

INTERMEDIA

0,16%	0,15%	0,92%	0,84%
0,20%	0,07%	0,38%	1,90%
0,22%	0,19%	1,19%	1,25%

0,99%	0,35%	0,29%	0,16%
1,78%	0,21%	0,07%	0,18%
1,67%	0,43%	0,13%	0,10%

BAJA

0,18%	0,35%	0,52%	1,64%
0,36%	0,03%	0,08%	1,36%
0,15%	0,29%	0,62%	0,92%

0,98%	0,20%	0,40%	0,13%
1,14%	0,19%	0,03%	0,12%
1,51%	0,79%	0,17%	0,13%

El volumen de caldo depositado en cada zona de cada árbol se estimó con la Ecuación 1.

$$V_z (1) = \frac{V (m^3) \cdot LAD (m^2/m^3) \cdot D (\mu l/cm^2)}{100}$$

donde Vz es el volumen de caldo depositado en una zona; V, el volumen de vegetación de cada zona (m^3) (se consideró el mismo en todas las zonas ya que el árbol se dividió en 36 zonas iguales); LAD, Densidad de área foliar en cada zona (m^2/m^3); D, caldo depositado por unidad de área en cada zona ($\mu l/cm^2$).

Sumando los volúmenes depositados en cada zona se calculó el volumen total depositado en cada árbol.

Por último, se calculó el porcentaje de caldo que se depositó en cada árbol respecto al volumen teórico que había de haberse depositado en dicho árbol (volumen del tratamiento que corresponde a un árbol). Este volumen teórico se calculó por medio de la Ecuación 2.

$$VTA (1) = \frac{SAV (l/ha) \cdot W (m) \cdot d (m)}{10000}$$

Donde VTA es el volumen teórico de caldo que le corresponde a un árbol (l); SAV, volumen de pulverización aplicado (l/ha), W, anchura de trabajo (m), y d, distancia entre árboles adyacentes en una fila (m).

Además, el volumen depositado en cada zona se expresó como el porcentaje del volumen total depositado en el árbol.

Los datos generados con cada una de las boquillas en las diferentes partes del árbol fueron comparados mediante análisis de varianza (ANOVA). La hipótesis de distribución normal del ANOVA se comprobó con el test de Shapiro-Wilks y la hipótesis de homocedasticidad con el test de Levene. Para la compara-

ción de medias se utilizó el test de Fisher. En todos los test se consideró un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las deposiciones medias obtenidas en cada zona muestreada de los árboles de la calle con las boquillas convencionales se muestran en la Figura 4 (pag. 135) y con las boquillas antideriva en la Figura 5 (pag. 135). En el caso de las boquillas convencionales los valores de deposición oscilan entre un 2,27% que se ha obtenido en la zona centro, altura media y exterior del árbol y un 0,01% obtenido en la zona centro, baja e interior detrás del tronco. En el caso de las boquillas antideriva los valores oscilan entre un 1,90% y un 0,03% y dichos valores se han obtenido en las mismas zonas que en el caso de las boquillas convencionales respectivamente. Como era esperable, al pulverizar únicamente por una calle de la parcela la deposición obtenida en los árboles tanto de las filas de la izquierda como de la derecha va disminuyendo conforme aumenta la profundidad de la copa del árbol independientemente de la boquilla utilizada y de la altura del árbol.

El porcentaje de volumen de caldo depositado medio en los árboles con las boquillas convencionales fue de $39,2 \pm 2,1\%$ y con las boquillas antideriva de $38,8 \pm 6,3\%$. Los valores fueron muy cercanos por lo que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambas boquillas (p-valor = 0,9579).

Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas

entre las boquillas respecto al porcentaje de deposición de caldo a cada lado del pulverizador, ni entre las profundidades de la copa (Tabla 1).

Alrededor del 71% del depósito total se encontró en las zonas exteriores de la copa y alrededor de 29% en las zonas interiores, independientemente de la boquilla empleada (Figura 6). Estas diferencias de deposición entre el exterior y la parte interior de la copa se deben a la alta densidad foliar de los cítricos y a su forma globular y resaltan la importancia de mejorar el diseño de los pulverizadores hidráulicos asistidos por aire y la necesidad de configurar adecuadamente estas máquinas antes y durante las aplicaciones.

En cuanto a la distribución por altura, la parte superior de la copa recibió aproximadamente el 34% del total de depósitos, la zona media del 36% y la parte inferior del 30%. Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la distribución de la pulverización en la copa tras las aplicaciones con ambas boquillas (Figura 6).

A pesar de las diferencias de tamaño de gota que existen entre ambas boquillas, los resultados indican que las boquillas de inyección de aire realizaron una deposición de caldo sobre los árboles objetivo similar a la producida con las boquillas convencionales por lo que es esperable que se consiga una eficacia parecida en los tratamientos fitosanitarios.

Tabla 1. Porcentaje de volumen depositado a cada lado del pulverizador (Media \pm Error Estandar) para cada boquilla *

Boquilla	Lado izd/interior de la copa	Lado izd/exterior de la copa	dLado dch/exterior de la copa	Lado dch/interior de la copa
Convencional	6,2 \pm 0,8 a	13,8 \pm 0,9 a	13,9 \pm 0,7 a	5,3 \pm 0,5 a
Antideriva	6,7 \pm 1,2 a	14,9 \pm 2,8 a	11,9 \pm 1,6 a	5,3 \pm 1,0 a

*En cada columna, medias seguidas de diferente letra muestran diferencias significativas (LSD test, $P < 0,05$)

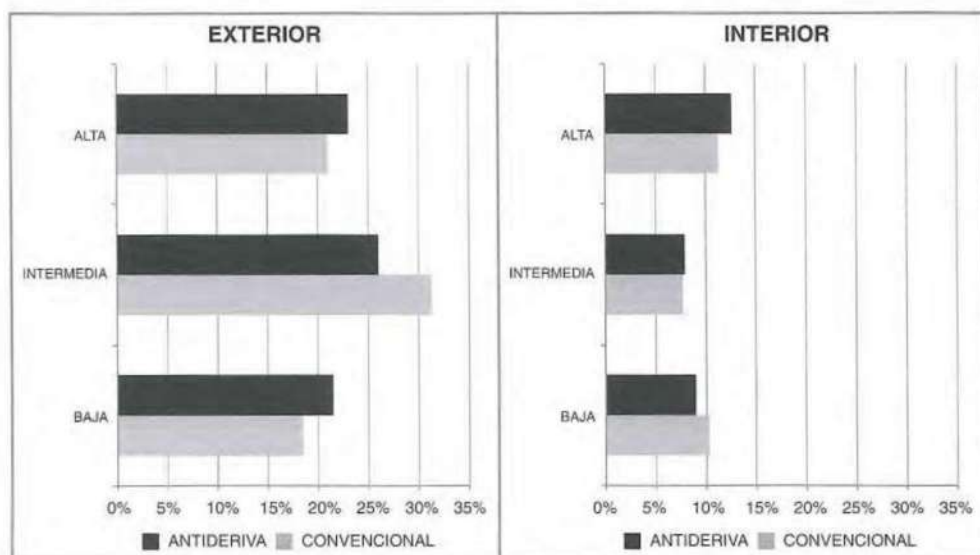


Figura 6. Distribución de la pulverización en la copa de cítricos con boquillas antideriva y convencionales.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente financiada con fondos del Ministerio de Ciencia e Innovación de

España (AGL2010-22304-C04-01) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Los autores quieren agradecer el soporte técnico a Pulverizadores Fede, S.L., especial-

mente por el uso de su pulverizador, y a Fontestad, S.A., por permitirnos utilizar sus parcelas comerciales de cítricos.

BIBLIOGRAFÍA

- Fox, R.D., Reichard, D.L., & Brazee, R.L. 1985. A model study of the effect of wind on air sprayer jets. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 28, 83-88.
- FrieBleben, R. 2004. Balancing drift management with biological performance and efficacy. *Proceedings of the International Conference on Pesticide Application for Drift Management*, October 27-29, 2004, Waikoloa, Hawaii, 72-79.
- Guler, H., Zhu, H., Ozkan, H.E., Derksen, R.C., Yu Y., & Krause C.R. 2006. Spray characteristics and wind tunnel evaluation of drift reduction potential with air induction and conventional flat fan nozzle. *American Society of Agricultural and Biological Engineers, Annual International Meeting*, Paper No. 06111. (Abstr.)
- Heinkel, R., Fried, A., & Lange, E. 2000. The effect of air injector nozzles on crop penetration and biological performance of fruit sprayers. *Aspects of Applied Biology*, 57, 301-307.
- McArtney, S.J., & Obermiller, J.D. 2008. Comparative performance of air-induction and conventional nozzles on an axial fan sprayer in medium density apple orchards. *HortTechnology*, 18, 365-371.



CITRICULTURA. 2ª Edición.

Autor: M. Agustí. 422 págs. Ilust. 120 fotos color.

Citricultura es un texto que revisa todos los aspectos relacionados con el cultivo de los agríos: Desde las características agrónomas de las variedades en cultivo hasta los tratamientos post-cosecha más recientes, pasando por la fertilización, el riego, el control de plagas y enfermedades, tratamientos para mejorar la producción y la calidad de los frutos,... Redactado en lenguaje científico, se presenta con claridad, esquematizando los contenidos para que el lector avance con orden, presentándole una secuencia coherente del cultivo.

Se trata de un texto de elevado rigor científico, basado en los conocimientos que se poseen de la fisiología de los agríos más que en recetas informativas, de modo que estas aparecen como consecuencia lógica de los conceptos explicados. Es por ello que su estructura se separa de la que es clásica en un libro de fruticultura. Tras cinco capítulos iniciales en los que se fijan las características botánicas y agronómicas y las condiciones de cultivo, esto es, las especies y variedades, aspectos histológicos y anatómicos, el medio, clima y suelo, se presentan cinco capítulos centrales que constituyen el núcleo de la obra. En ellos el autor revisa los fundamentos del desarrollo de estas especies, profundizando en los conocimientos actuales sobre la floración, el cuajado y el desarrollo y maduración del fruto. Le siguen cuatro capítulos de protección del cultivo, tanto de plagas como de enfermedades y alteraciones fisiológicas y abióticas, para llegar al estudio de las nuevas técnicas de mejora sanitaria y de producción de plantas, y al estudio de los patrones. La obra concluye con un capítulo de técnicas de cultivo, que resultan de fácil comprensión ubicado tras el estudio previo, y otro de técnicas post-cosecha y control de la calidad del fruto.

P.V.P. 45 €- (Envíos contra reembolso. I.V.A. incluido. Gastos de envío aparte)
PARA PEDIDOS: EDICIONES L.A.V., S.L. Tel.: 96/ 372 02 61

FRUIT ATTRACTION

Feria Internacional del Sector de Frutas y Hortalizas
Madrid, del 15 al 17 de Octubre, 2014

www.fruitattraction.ifema.es